

ESTRUCTURA COMO MATERIALIDAD ARQUITECTÓNICA

SILVIA JULIANA CERÓN ARANGO  
MARÍA CATALINA ORTEGA RIVERA

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE ARQUITECTURA  
DÉCIMO SEMESTRE – 2016  
BOGOTÁ D.C.

ESTRUCTURA COMO MATERIALIDAD ARQUITECTÓNICA

SILVIA JULIANA CERÓN ARANGO  
MARÍA CATALINA ORTEGA RIVERA

ANÁLISIS DE SISTEMAS ESTRUCTURALES Y EXPLORACIONES  
COMBINATORIAS DE DISEÑO APOYADAS EN EL USO DE HERRAMIENTAS  
DIGITALES

Director: RODRIGO VELASCO  
Seminarista: RICARDO CORZO

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE ARQUITECTURA  
DÉCIMO SEMESTRE – 2016  
BOGOTÁ D.C.

## **TABLA DE CONTENIDO**

1. RESUMEN
2. FORMULACIÓN
  - 2.1. INTRODUCCIÓN.
  - 2.2. IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.
  - 2.3. HIPÓTESIS.
  - 2.4. JUSTIFICACIÓN.
  - 2.5. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN
  - 2.6. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.
  - 2.7. METODOLOGÍA Y ALCANCE
3. ESTADO DEL ARTE
  - 3.1. HACIA UNA CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS ESTRUCTURALES.
4. CUADRO COMBINATORIO DE SISTEMAS ESTRUCTURALES: PROPUESTA DE HIBRIDIZACIÓN DE SISTEMAS.
  - 4.1. PLANTEAMIENTO DE RELACIONES: ESTRUCTURAL-CONSTRUCTIVA, FUNCIONAL Y MEDIO AMBIENTAL.
  - 4.2. EXPLORACIONES DE DISEÑO
    - 4.1.1. CENTRO CULTURAL PARA LA INTEGRACIÓN SOCIAL SAN FRANCISCO DE SALES: SUPERPOSICIÓN DE ELEMENTOS EN FLEXIÓN Y TENSION EN UN CLIMA TEMPLADO
    - 4.1.2. CENTRO CULTURAL EL SISQUE: EQUIPAMIENTO COMUNAL MEDIANTE LA SUPERPOCISION DE SUPERFICIES A COMPRESION Y VECTOR PARA UN CLIMA DE ALTA MONTAÑA
5. CONCLUSIONES
6. ANEXOS.

## **RESUMEN**

En el desarrollo del presente documento, se llevará a cabo una investigación a cerca de los distintos sistemas estructurales, en la cual a partir de múltiples autores se realiza una re-clasificación de los distintos sistemas y sus tipos de esfuerzos. Esta investigación pretende aportar a al diseño arquitectónico desde un ámbito estructural, y desde un planteamiento de relaciones entre una parte estructural, medio-ambiental y funcional. Además busca integrar la tecnología, mediante herramientas digitales, a la formulación de las combinaciones de los sistemas, para así arrojar distintos parámetros variables que nos den posibilidades de diseño.

La metodología del trabajo se desarrolla a partir de la re-clasificación de sistemas y la combinación de los mismos, que arrojan como resultado un proyecto arquitectónico y que partiendo de un encargo propuesto por el Premio Corona “Pro-hábitat”, se va a implantar en un lugar con menos de treinta-mil habitantes. Además este lugar será determinado por unos climas específicos que nos ayudan a entender a través de análisis, como estas combinaciones estructurales, responderán a estos entornos ambientales.

## 1. INTRODUCCIÓN

### ***“Form follows forces”***

Si bien en términos generales desde el siglo pasado el diseño arquitectónico ha estado centrado en la búsqueda de la forma ligada a la función, se ha venido dejando a un lado la inclusión del diseño estructural en esta metodología de composición. Por otro lado, sin embargo, durante los últimos años el avance de las herramientas tecnológicas ha tenido un gran impacto en relación al desarrollo de un proyecto arquitectónico.

Si bien actualmente no existen suficientes exploraciones del uso de sistemas estructurales como principal determinante para el desarrollo del diseño arquitectónico, el gran avance de herramientas CAD nos permite explorar paramétricamente y analizar composiciones arquitectónicas directamente relacionadas con factores estructurales. De manera paralela, la relación entre arquitectura y la ciencia de los materiales cada vez es más estrecha, nuevas investigaciones en materiales, así como nuevas necesidades constructivas hacen que cada vez más se realicen proyectos en donde el material no es una decisión final o estética sino que se realiza durante el proceso de diseño como una decisión de eficiencia del proyecto para resolver situaciones ambientales, estructurales y funcionales.

En este contexto, el presente documento expone la estructura metodológica y resultados del proyecto de investigación por diseño *“Estructura y materialidad en arquitectura: exploraciones de diseño mediante combinaciones tipológicas apoyadas en el uso de herramientas digitales”*, herramientas digitales”, donde se exploran las implicaciones arquitectónicas del uso combinatorio de sistemas estructurales, terminando en el desarrollo de seis proyectos arquitectónicos que responden a unas condicionantes específicas realizados por los estudiantes: Julieth Natalia López, María Carolina Leal Guerrero, Juan David Páez, Cristian Camilo Martínez, Silvia Juliana Cerón Arango y María Catalina Ortega Rivera.

## **2. IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

El presente proyecto se enmarca en el área de la investigación por diseño, y se enfoca en las relaciones entre aspectos estructurales y de diseño mediante el uso de herramientas digitales. Esta área de investigación no se han encontrado suficientes exploraciones que relacionen el aspecto estructural ligado al diseño funcional, por lo que encontramos esto como una problemática al momento de resolver un proyecto arquitectónico. Para identificar el área de trabajo, es necesario antes detallar lo que se entiende por investigación por diseño:

La investigación en la arquitectura logra una nueva adquisición del conocimiento a través del trabajo con la forma y el espacio: dibujos, modelos y obras terminadas. Si la investigación en humanidades se basa fundamentalmente en el conocimiento que implica la evaluación e interpretación, la investigación arquitectónica tiene la misma objetividad posible, como las humanidades. (Hauberg, 2015). Basados en esto, se busca implementar la investigación al diseño o diseño arquitectónico, por medio de métodos tradicionales de la investigación académica, ya sea la experimentación, recolección de datos, observación, entre otros, y adaptando unos puntos nuevos a esta investigación para que se adapte a las necesidades del diseño y la práctica. Así pues, se podría implementar las herramientas digitales como medio de investigación y experimentación por medio de modelos arquitectónicos.

La investigación realizada por el diseño requiere un enfoque en la práctica. En esta encontramos tres categorías distintas, la investigación sobre el diseño (historia del diseño), para el diseño (nuevas tecnologías / materiales) y por diseño. Kevin McCartney propone la investigación por diseño como una exploración de posibilidades, por lo cual llegamos a una parte importante de nuestra investigación donde la exploración de posibilidades tecnológicas por medio de combinaciones tipológicas o de materiales resuelve un componente arquitectónico.

En este contexto, las exploraciones planteadas implican la unión de dos áreas de estudio complementarias, la primera tiene que ver con estructuras, materialidad y tecnologías constructivas, y la segunda con tecnologías de diseño, parametrización, manejo de datos, simulación. Parametrizar es entonces por definición como: Asignar valores a unos parámetros declarados para modificar o influir en su comportamiento. Esto lo aplicamos a un diseño arquitectónico para lograr la optimización de condicionantes y así llegar a un proyecto recomendable.

### **3. HIPOTESIS**

Históricamente, las innovaciones sustanciales en diseño arquitectónico han venido ligadas a la aplicación de nuevas tecnologías disponibles, sean materiales, constructivas o de diseño, normalmente mediante la re-definición de prácticas pre-existentes. La hipótesis principal de esta investigación es que el uso de sistemas estructurales y constructivos contemporáneos, en combinación con la aplicación de nuevas herramientas computacionales, abre rutas a la innovación en arquitectura.



#### 4. JUSTIFICACIÓN

La relación entre técnica y diseño ha sido una disyuntiva en el campo de la arquitectura. Ya que no se ha planteado una relación de composición entre ellas.

La investigación pretende plantear a partir de análisis de referencias de clasificaciones de sistemas estructurales basados en diferentes aspectos como la forma, los esfuerzos y la materialidad entre otros.

Plantear una re-clasificación de sistemas estructurales permite explorar el tema a través de dos enfoques de estudios complementarios, el primero es las estructuras, materialidad y tecnologías constructivas y el segundo es tecnologías de diseño, parametrización, manejo de datos y simulación. Esto genera la aplicación de tecnologías en arquitectura para ofrecer nuevas vías de desarrollo que permiten exploraciones que no están completamente desarrolladas o aplicadas en áreas emergentes.

Del mismo modo esta re-clasificación de los sistemas es de gran importancia ya que es el lineamiento base para los proyectos arquitectónicos planteados en el taller, esto hace parte de un análisis de los sistemas y materialidad para entender su funcionalidad estructural y comportamiento al momento de ser combinados entre sí. Esto nos lleva a crear exploraciones estructurales inmersas dentro de un componente arquitectónico, ubicado en un contexto local, aplicando la investigación, los esfuerzos que a partir de ellos se basa la re-clasificación para así superponer, acoplar o fusionar dos o más sistemas y obtener exploraciones a través de herramientas digitales que arrojan parámetros variables de la estructura.

Basándonos en algunos de los referentes de clasificaciones de sistemas, podemos concluir que la investigación es viable al aportar al campo de la técnica en arquitectura exploraciones estructurales y clasificaciones basadas en esfuerzos de las estructuras. Cabe señalar que ya se han hecho trabajos similares a este tomando como ejemplo: “The Function of form” escrito por Daniel López, Garrick Ambrose, Ben Fortunato, Ryan Ludwig, Ahmadreza Sricher. Esta clasificación está basada en la forma de las

estructuras, también cabe resaltar la clasificación del Autor Heino Engel en su libro sistemas de estructuras esta clasificación está basada por la forma y esfuerzos de las estructuras.

## **5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿En qué medida la implementación del diseño estructural como determinante principal del diseño arquitectónico afecta en estas composiciones y como las herramientas digitales se convierten en un medio facilitador para dar una relación directa a estos tipos de diseño?

## **6. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS**

### **Objetivo General**

Plantear una relación entre la técnica y el diseño por medio de proyectos arquitectónicos basados en una re-clasificación de sistemas estructurales que permitan crear exploraciones combinatorias para ser aplicadas estos, respondiendo a una relación entre aspectos estructurales, funcionales y medio ambientales.

### **Objetivos específicos**

- Analizar los sistemas y subsistemas estructurales establecidos para ser combinados entre sí para generar exploraciones estructurales.
- Entender y aplicar las tres posibles formas de hibridización entre los sistemas estas son: superposición, acoplamiento y fusión.
- Analizar referentes, determinantes y obtener parámetros para ser aplicados en los aspectos estructurales, funcionales y medio ambientales para establecer un planteamiento de relaciones entre ellos inmersos en el proyecto arquitectónico.
- Desarrollar proyectos específicos a través de combinaciones estructurales inmersas en un programa funcional en un contexto local con un clima predeterminado.

## **7. METODOLOGIA Y ALCANCE**

Para la realización de este trabajo, se utiliza la investigación por diseño, entendiendo esta como una exploración de posibilidades, en la cual, aplicada en nuestra investigación, se ve reflejada en una combinación de distintos sistemas y materiales, y a su vez este resuelve un componente arquitectónico. (McCartney, 2008).

Esta búsqueda se realizó partiendo de cinco fases principales, las cuales arrojan distintos resultados, finalizando en la realización de un proyecto arquitectónico.

### **FASE 1 – DESARROLLO DE MARCO TEÓRICO**

En esta fase inicial, se realiza un período de investigación de sistemas estructurales, y todos los conceptos relacionados con esta temática, a partir de conceptos y textos de distintos autores que ahondan en este tema, y los cuales serán la base para la continuación del proceso de investigación que se realizó en el taller.

### **FASE 2 – DESARROLLO MARCO REFERENCIAL**

En esta fase se realiza un estudio de referentes en los cuales se analiza y evidencian varios sistemas estructurales, con cada uno de estos referentes se identifican sus elementos y como estos responden a los esfuerzos en cada sistema.

Seguido de esto, se realiza el análisis de un estudio de caso, en el cual se escogen distintos edificios, basados en las clasificaciones estructurales iniciales, los cuales se van a estudiar y examinar, determinando el tipo de estructura, sus características funcionales, materiales, elementos estructurales, y los esfuerzos a los que está sometido.

Teniendo como base estas clasificaciones de sistemas estructurales realizadas por distintos autores, se realiza una re-clasificación de estos; esta será la base para la realización de un proyecto arquitectónico.

### **FASE 3 – DEFINICIÓN DE PROYECTOS**

Se realiza una combinación de los sistemas estructurales planteados en la re-clasificación de los mismos. Esta combinación se realiza por el potencial que pueden tener dos sistemas específicos trabajando en conjunto, y se realiza por medio del acoplamiento, la fusión y la superposición de los mismos. Basados en estas combinaciones ya efectuadas, se realiza un modelo inicial de combinación de sistemas en un medio digital (Rhinceros y Grasshopper), en el cual por medio de estas, se realiza una parametrización del mismo con el fin de encontrar las variables que optimicen la utilización y unión de estas combinaciones.

### **FASE 4 – DESARROLLO E IMPLANTACIÓN DE PROYECTOS EN UN ENTORNO**

Se realiza la implantación de los modelos ya realizados en un entorno, sin embargo, estos lugares estarán determinados por un clima específico. Se eligen tres tipos de clima (frío de alta montaña, templado y cálido húmedo), los cuales serán una determinante primordial en el desarrollo del proyecto, y estas combinaciones son elegidas en el clima por su potencial de adaptación al mismo.

Partiendo del lugar y del clima, se determinan tres condicionantes específicas que son los lineamientos en la adaptación del modelo al lugar. Estos son: Determinantes estructurales y constructivas, medio-ambientales y funcionales. Teniendo esto como base, se procede a realizar la conformación del proyecto en el lugar teniendo en cuenta el análisis del lugar.

### **FASE 5 – CONCLUSIONES**

Se realizan unas conclusiones que nos permiten entender la relación de toda una investigación de sistemas estructurales con el desarrollo de un componente arquitectónico.

### **3. ESTADO DEL ARTE**

#### **MARCO TEÓRICO**

Esta investigación está orientada al estudio de los sistemas estructurales, para entender que se tratan estos, tenemos que saber y comprender, que es una estructura y de que se compone. A partir de esto se define una estructura como aquella parte del conjunto que sostiene o soporta, que distribuye o reparte cargas, es decir, que hace al equilibrio estático de la construcción (fin inmediato) pero debe cumplir con la función de organizar, dar sentido a la totalidad. (Diez, 2005).

Cada estructura tiene que soportar las cargas exteriores, acciones y reacciones, las cuales reparten su efecto por los diferentes elementos de la estructura y que a su vez son sometidos a diferentes esfuerzos, o en un estado de tensión, que será absorbido por el material constituyente. Así mismo, se debe entender cuál es la definición de esfuerzo, para lograr cual y cómo será el funcionamiento de una estructura en su totalidad. (Diez, 2005).

Estas cargas al igual tienen distintos orígenes, por su propio peso, a cargas móviles que soporte la estructura, ya sean personas, u objetos inmóviles, y debidas a agentes externos, como factores climáticos, y estas a su vez soportan fuerzas que hacen que el elemento no se deforme y estas, se denominan esfuerzos, estos entonces pueden ser:

- Tracción o tensión: Cuando las cargas que actúan sobre los elementos tienen a estirarlos.
- Compresión: Cuando las cargas que actúan sobre los elementos tienen a aplastarlos.
- Flexión: Cuando las cargas que actúan sobre los elementos tienen a doblarlos.
- Torsión: Cuando las cargas que soporta el elemento tienen a torcerla.

A partir de estas definiciones básicas de estructuras y de esfuerzos, se realiza una investigación de distintos autores que plantean varias clasificaciones de sistemas estructurales.

Inicialmente tenemos Heino Engel con su libro “Sistemas de Estructuras”, en el cual el realiza la clasificación de los sistemas estructurales, este parte de cinco mecanismos para desviar las fuerzas o acciones.

El primer mecanismo que el utiliza es la **adaptación** a los esfuerzos producidos por las acciones. En este se manejan las estructuras que trabajan básicamente adaptando su forma física: Sistemas de estructuras de forma activa, en estado de tracción o compresión. El segundo mecanismo es la **división** de los esfuerzos producidos por las acciones, en este se utilizan los sistemas de estructuras de vector activo, y son estructuras en estado de tracción y compresión. El tercero, es el **encajonamiento** de los esfuerzos, son estructuras que trabajan mayoritariamente mediante su sección y la continuidad de su materia, se utilizan los sistemas de sección activa, que se encuentran en estado de flexión: tracción y compresión. El cuarto mecanismo es la **dispersión** de los esfuerzos y son estructuras que funcionan mediante la extensión o la forma de su superficie y son los sistemas de superficie activa, que se encuentran en un estado de tracción, compresión y torsión. Y por último, tenemos la **recogida y guiado** de los esfuerzos para los sistemas de altura activa. El criterio de diferenciación de los sistemas es su característica principal para acometer el desvío de los esfuerzos (Engel, 2010).

El autor dice que una estructura está formada por un arreglo de elementos básicos, en el cual se aprovecha las propiedades de cada elemento y logra sacar la forma más eficiente del sistema estructural global. La clasificación que el realiza inicia con los **sistemas formados por barras**, en el cual se tienen los arreglos triangulares, tipo armadura, y los arreglos tipo marco. En los primeros las cargas se resisten por fuerzas axiales, mientras que en los arreglos de tipo marco, soportan los esfuerzos de flexión y cortante. Luego tenemos los **sistemas a base de placas**, los cuales se componen de arreglos verticales (muros) y horizontales (losas), se denominan tipo cajón, que al no



tener continuidad en los apoyos lo hace muy vulnerable, y obsoleto. El arreglo ideal para este sistema estructural es de cajón tridimensional, en el que las losas se apoyan y amarran en su perímetro con los muros. Otros sistemas que el plantea en su libro son: **Sistemas de piso**, en los cuales se unen los dos anteriores sistemas ya planteados, pero se van a utilizar en altura. En estos sistemas se realiza la extracción de elementos y como estos funcionan con una materialidad específica. (Anónimo, 2016).

El siguiente autor que se revisó es Farshid Moussavi Con su libro “The function of form”, en el que se realiza una descripción básica de los sistemas estructurales principales y realiza una clasificación de sub-sistemas de cada uno de los anteriores, las cuales están basadas exclusivamente en la forma de los elementos de los que se componen los distintos sistemas. En esta sub-clasificación podemos encontrar las mallas y reticulados, bóvedas, domos, plegaduras, cáscaras, membranas textiles y membranas neumáticas.

Otros autores que realizan una clasificación de sistemas estructurales son Mario Salvadori y Robert Heller en su libro “Estructuras para arquitectos”. Para ellos la clasificación será morfológica y al sistema constructivo. La clasificación entonces se realiza de la siguiente manera: Vigas, pórticos y arcos, entramados, placas y placas plegadas, membranas y cáscaras delgadas.

## **MARCO REFERENCIAL**

A partir de la re-clasificación de sistemas plateada en la investigación, se hace un estudio de referentes, edificios ya existentes que sean característicos de cada sistema, teniendo en cuenta que la clasificación está basada en esfuerzos, se hace un análisis estructural de cada sistema en los casos de estudio a través de como los esfuerzos trabajan en esta estructura y hacen parte de su funcionamiento y así mismo es clasificado en el sistema.

La re-clasificación cuenta con cuatro sistemas estructurales principales y dos sistemas que son tipos de combinación entre ellos. Estos sistemas son: Superficies a compresión, superficies en tracción, elementos en flexión, elementos a compresión y tracción vectorial, sistemas híbridos a grandes luces e híbridos en alturas, cabe aclarar que este último sistema nombrado es nombrado en la investigación pero no es utilizado porque no cumple los requerimientos del taller.

### **Superficies a compresión:**

Fábrica para Kilcher diseñada por el ingeniero Hienz isler.



Figura 1. Xpuma, 2009. Recuperada de:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Heinz\\_Isler#/media/File:Recherswil\\_Isler-Schale\\_01\\_09.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Heinz_Isler#/media/File:Recherswil_Isler-Schale_01_09.jpg)

El esfuerzo que caracteriza esta estructura es la compresión en su cubierta y apoyos hacia el suelo. Todos los esfuerzos se dan por continuidad en su estructura.

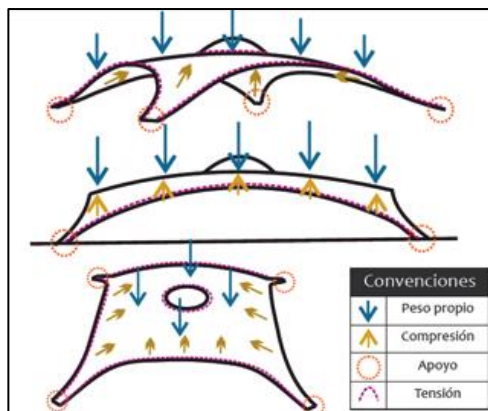


Figura 2. López, 2015. Imagen propia.

### **Superficies en tracción:**

Estadio Olímpico de Múnich por el ingeniero Frei Otto.



Figura 3. Jem Chica Pop, 2014. Recuperado de: <http://www.obrasweb.mx/construccion/2014/06/13/el-once-ideal-estadio-olimpico-de-munich>

El esfuerzo que caracteriza esta estructura es la tracción representada en la membrana que está ubicada en la cubierta de las graderías del estadio, conformada por una red de cables tensados que le dan rigidez y estabilidad a la estructura.

### **Elementos a compresión y tracción vectorial**

Aeropuerto de Kansai por el arquitecto Renzo Piano.



Figura 4. 2012. Recuperado de: <http://ingenieriaconcalidad.blogspot.com.co/2012/02/el-aeropuerto-de-kansai-osaka-el.html>

Los esfuerzos característicos de esta estructura son la compresión y la tracción estos se encuentran en los elementos vectoriales de doble capa ubicados en las vigas donde reposa la superficie de cubierta, además de estos también se evidencia el esfuerzo de

flexión en los soportes principales de estas vigas ya que su forma está ligada a este esfuerzo.



Figura 5. Martínez, 2015. Imagen propia.

### Elementos en flexión:

Gatti Wool Factory diseñada por el Ingeniero Pier Luigi Nervi.



Figura 6. Recuperado de: [http://formfindinglab.princeton.edu/wp-content/uploads/2011/09/Nervi\\_ribbed\\_floors.pdf](http://formfindinglab.princeton.edu/wp-content/uploads/2011/09/Nervi_ribbed_floors.pdf)

El esfuerzo principal al que está sometido este edificio es la compresión y tracción que se conducen por su estructura nervada (viguetas) transmitida a las columnas.

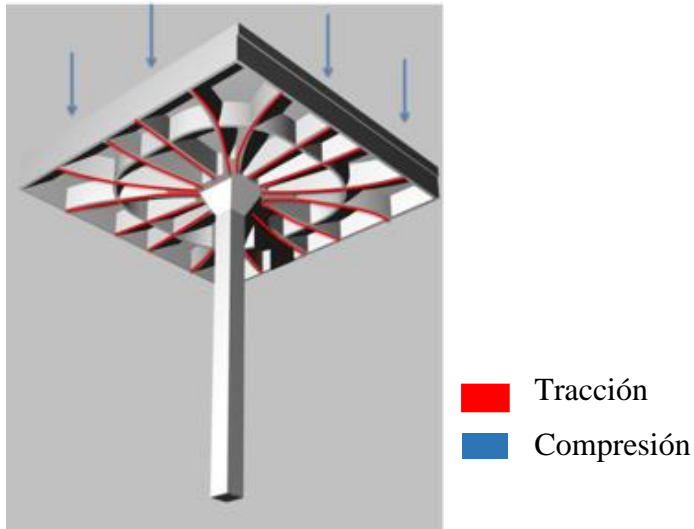


Figura 7. Ortega, 2015. Imagen propia.

### Híbridos a grandes luces:

Palacio de los deportes de México diseñado por el arquitecto Félix Candela.



Figura 8. Recuperada de: <http://www.geometrica.com/es/castano-founding-freedom-es>

Los esfuerzos presentes en esta estructura es la flexión en la viga perimetral y las columnas exteriores trabajan a compresión, las vigas tipo cerchas que hacen parte de la cubierta están trabajando a tracción porque son elementos vectoriales de simple capa.

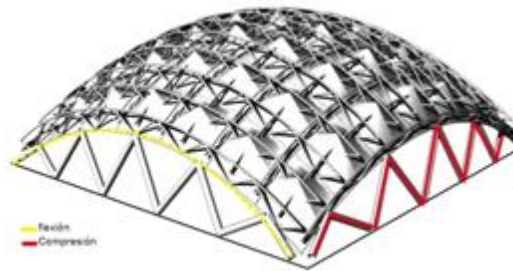


Figura 9. Cerón, 2015. Imagen propia

Por último, el sistema de híbridos en altura tomo como referente el edificio Hearts Tower diseñado por el arquitecto Norman Foster.



Figura 10. Recuperada de: <http://www.fosterandpartners.com/projects/hearst-tower/>

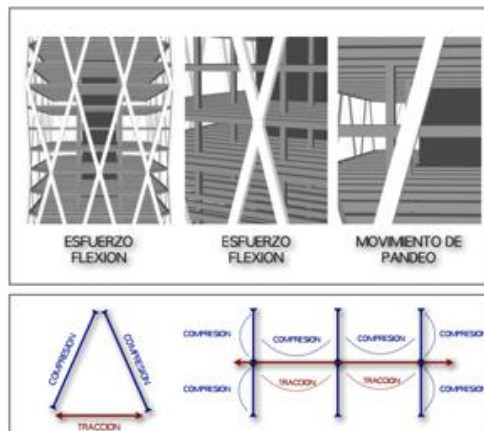


Figura 11. Páez, 2015. Imagen propia.

#### 4. RE-CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS ESTRUCTURALES Y CUADRO COMBINATORIO

Se realiza una reclasificación de sistemas estructurales partiendo de un análisis de planteamientos de sistemas ya realizados por distintos autores ya mencionados en el marco teórico. Este nuevo planteamiento de sistemas, se realiza partiendo de los esfuerzos a los que los elementos de cada sistema están sometidos. Esta clasificación nos permite identificar relaciones entre los distintos sistemas y sus elementos.

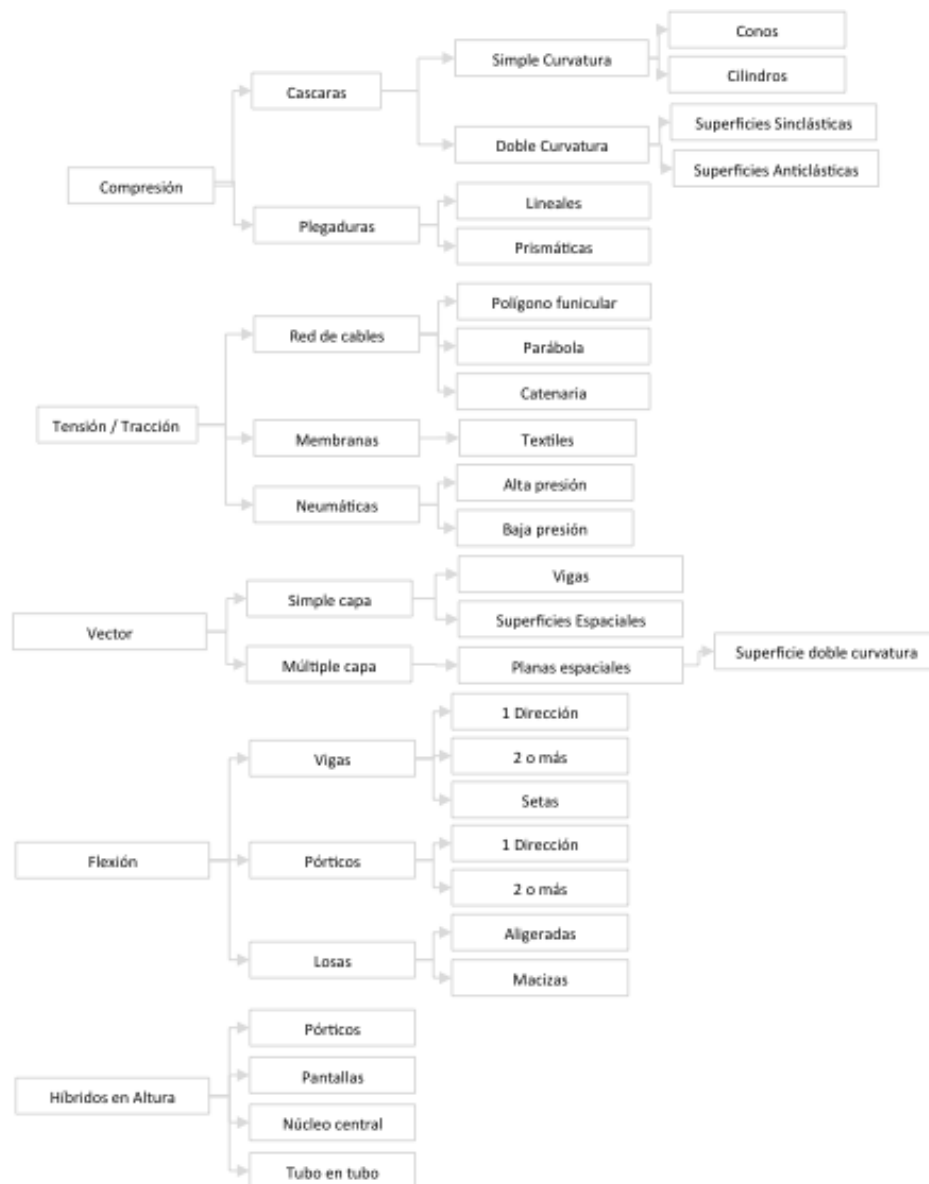


Figura 12. Cuadro explicativo de la nueva clasificación de sistemas y sub-sistemas estructurales.

Partiendo de la clasificación de sistemas estructurales se realiza un cuadro combinatorio de los distintos sistemas y cuáles serían las opciones más convenientes de combinar para la realización de proyectos arquitectónicos y los cuales a su vez estas combinaciones realizadas tienen mayor potencial al realizarse en cierto clima.

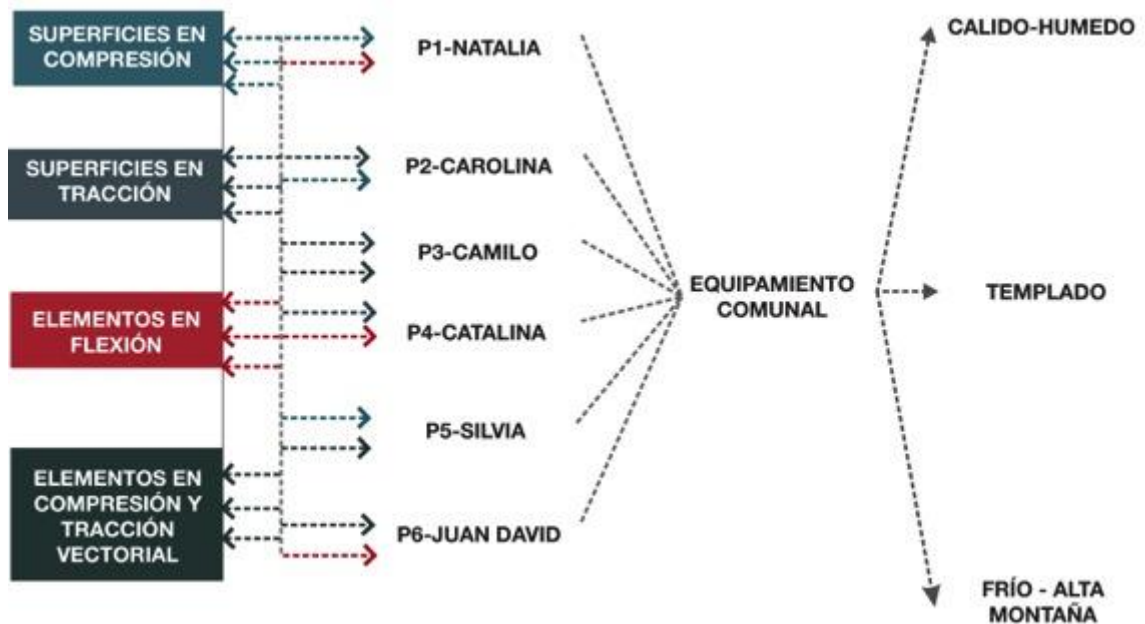


Figura 13. Cuadro explicativo de las combinaciones posibles estructurales.

Además se eligen unos climas específicos que fueron determinados en el taller, para comprobar por medio de los proyectos y las combinaciones estructurales como estos pueden ser adaptadas a los mismos, y como su composición estructural puede funcionar mejor en uno u otro. A continuación se describen cada uno de estos climas y como van a ser utilizados en cada uno de los sistemas estructurales.

### Clima Cálido Húmedo

Caracterizado por las altas temperaturas diurnas y nocturnas en verano y su gran humedad en el ambiente. Las combinaciones estructurales que se adaptan mejor a este clima son: *Compresión-Tensión*, y *Tensión-Vector*, ya que con sus elementos estructurales protegen la radiación directa y garantizan una ventilación diurna y



nocturna ya que su geometría permite aberturas importantes para el paso de los vientos que ayudan a refrigerar el edificio.

### **Clima Frio**

Caracterizado por sus bajas temperaturas en invierno y temperaturas frescas en verano. Las combinaciones estructurales que se adaptan mejor a este clima son: Compresión–Sección, y Compresión–Vector, debido a que su geometría permite realizar construcciones compactas, herméticas, capaces de aprovechar de manera eficiente la radiación solar.

### **Clima Templado**

Es la combinación de los anteriores en diferente grado. Las combinaciones estructurales que se adaptan mejor a este tipo de clima son: Tensión–Sección, y Sección–Vector, ya que son capaces de aprovechar la energía solar en invierno y disponer protección solar en verano gracias a su forma y flexibilidad.

A partir del cuadro combinatorio y los climas establecidos se plantea una propuesta de hibridación entre los sistemas, el sistema híbrido a grandes luces expone tres posibles formas de combinación de los sistemas estos son la superposición, el acoplamiento y la fusión.

Se entiende por **superposición** a la tipología de unión de dos o más tipologías estructurales que pueden trabajar juntas pero no son dependientes la una de la otra para funcionar estructuralmente. Por **acoplamiento** que es la unión de dos o más tipologías estructurales, que trabajan unidas pero se complementan una a la otra no pueden trabajar separadas. Por **fusión** Se entiende que es la unión de dos o más tipologías estructurales que no puedes trabajar separadas y además se acoplan de manera que se conviertan en un solo sistema estructural.

Cabe aclarar que hay otro sistema de hibridización de sistemas propuesto que son los híbridos en altura, pero este no fue tomado para aplicación en la investigación ya que no cumple con las determinantes del taller.

#### **4.1. PLANTEAMIENTO DE RELACIONES ESTRUCTURAL-CONSTRUCTIVO, FUNCIONAL Y MEDIO AMBIENTAL.**

Uno de los lineamientos principales de los proyectos arquitectónicos resultantes, es el planteamiento de una relación de tres aspectos, el estructural-constructivo, funcional y medio ambiental, la metodología para el desarrollo de esta relación y ser aplicada en los proyectos inicia con el análisis de referentes relacionados con la combinación estructural, la función elegida y el clima establecido aplicada a cada proyecto, siguiente a esto, surgen determinantes que serán aplicados al diseño estructural, funcional y medio ambiental por medio de parámetros variables representados en un modelo paramétrico del proyectos.

#### **4.2 EXPLORACIONES DE DISEÑO (PROYECTOS ARQUITECTONICOS)**

A continuación se muestran dos exploraciones de diseño estas combinaciones estructurales están ligadas a una función específica, determinada por el concurso “Corona pro-hábitat 2015-2016”, el cual estipula que este debe ser un equipamiento cultural, inmerso en un contexto local y el cual tenga menos de tres mil habitantes, y a su vez elegido a partir de las características climáticas, ya predeterminadas en el taller.

Seguido de esto, se lleva a cabo el desarrollo de seis proyectos arquitectónicos, de los cuales dos de estos se van a exponer en este documento, estos proyectos son centros culturales, que responden a los lineamientos planteados en el taller.

#### 4.2.1. CENTRO CULTURAL PARA LA INTEGRACIÓN SOCIAL SAN FRANCISCO DE SALES: SUPERPOSICIÓN DE ELEMENTOS EN FLEXIÓN Y TENSIÓN EN UN CLIMA TEMPLADO

Para este proyecto se realiza la combinación de superficies en tracción y elementos en flexión y se llega a la determinación que este sistema se adapta mejor a un clima templado, por la materialidad, y por su composición estructural.

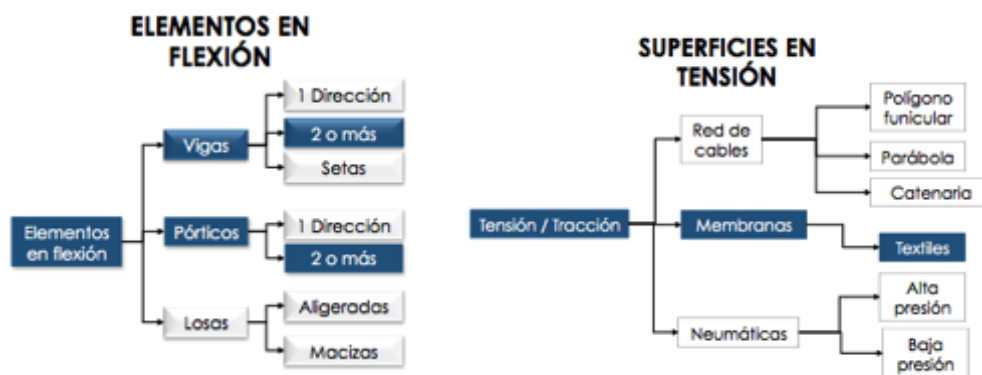


Figura 15. Elementos elegidos composición diseño estructural – Propia – Catalina Ortega – 2016.

Para la realización del proyecto arquitectónico se tienen como lineamientos principales tres aspectos: Estructurales y constructivos, medio ambientales y funcionales, a partir de los cuales se hará el análisis de referentes y la parametrización del proyecto.

#### Condicionantes:

A partir del análisis de los distintos referentes se logra sacar unas condicionantes específicas que van a ser reflejadas en el diseño de un edificio con un sistema realizado por medio de la combinación de los mismos, estas condicionantes son estructurales, medio ambientales y funcionales.

**Condicionantes estructurales:**

- Las membranas que se realizan siempre son de doble curvatura (anticlásticas).
- Las estructuras de soporte de las membranas realizadas en las estructuras de esta categoría están realizadas usualmente en acero, y suelen estar unidas a elementos verticales que reciben las cargas que transmite la tracción a estos elementos.
- Las membranas cuentan con elementos tensores, ya sean cables, o estructuras rígidas como mástiles que ayudan a soportar la tensión que producen las membranas y ayudan a mantener la forma de las mismas.

**Condicionantes medio-ambientales:**

- La altura de la estructura metálica que corresponde a la membrana, permite un confort térmico dentro de los edificios, permitiendo la circulación de aire.
- El material de las membranas usualmente suele ser traslúcido, el cual permite la recepción de luz, sin ser directa, y ayuda a reducir el uso de energía eléctrica.
- Las membranas tienen distintas capas, estas aumentan o disminuyen la entrada de luz al edificio.
- La mayoría de estructuras de estos edificios son moduladas, este sistema permite por medio de juntas la recepción de luz y ventilación, contribuyendo al ahorro energético.

**Condicionantes funcional:**

- La entrada principal en los edificios con este uso (Centro Cultural) siempre es una parte importante del edificio, siendo de gran amplitud para llamar la atención de las personas.
- Los edificios de esta funcionalidad, usualmente están divididos en tres grandes zonas: Un gran salón, ya sea un salón de recepciones o auditorio, una zona administrativa, y una zona de salones múltiples.
- Los grandes salones que se ven en estos edificios se utilizan como centro de reunión de la comunidad.
- El gran número de salones que pueden tener diferentes usos, ya sea educativo o recreacional, hace que el edificio se vuelva dinámico en cuanto a su uso se refiere.

## 1. Parámetros:

Los parámetros utilizados son el resultado de el análisis de los referentes aplicados a un modelo paramétrico realizado, en el cual se analizan parámetros estructurales, medio ambientales y funcionales que nos llevan a determinar que opción es óptima para la creación de un edificio.

### 1.1. Estructurales:

#### 1.1.1. Altura puntos medio de arcos principales:

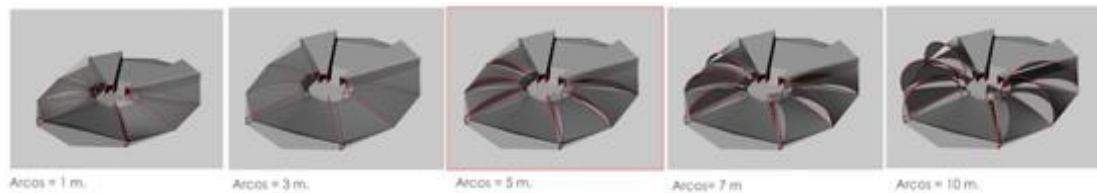


Figura 16. Parámetros 1. Propia. Catalina Ortega. 2015.

Se realiza la elección de la tercera posibilidad, el arco de 5 metros es el ideal ya que da una amplitud adecuada al espacio y además es la altura aceptable para que la estructura se mantenga estable, ya que las cargas se transmiten de mejor manera.

#### 1.1.2. Número de vigas – Estructura de sección



Figura 17. Parámetros 2. Propia. Catalina Ortega. 2015.

Se realiza la elección de la tercera posibilidad ya que 7 vigas es el número adecuado para soportar las cargas de la estructura sin sobre cargar la misma y soportando las cargas de la misma estructura.

### 2.1.3. Morfología de vigas – Estructura de sección



Figura 18. Parámetros 3. Propia. Catalina Ortega. 2015.

Se realiza la elección de la morfología de diamantes u ovalada ya que esta reparte las cargas adecuadamente por la placa, además ofrece puntos de apoyo para la estructura de tensión.

### 1.2. Medio ambientales:

#### 2.2.1. Diferencia de puntos medios de los arcos

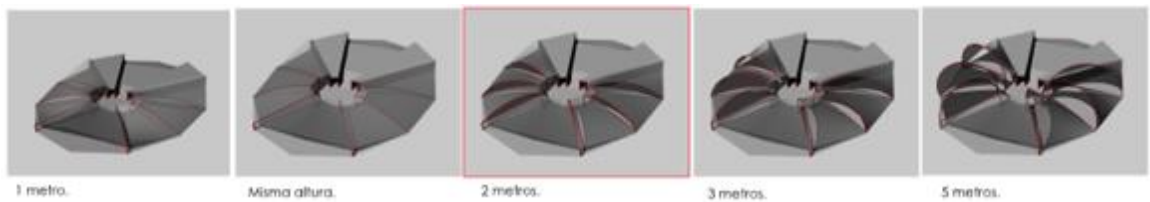


Figura 19. Parámetro 4. Propia. Catalina Ortega. 2015.

Se elige una diferencia de 2 metros entre los arcos ya que esta permite el paso de luz necesaria y ventilación para toda la edificación.

#### 2.2.2. Número de divisiones – Estructura triangulada entre arcos

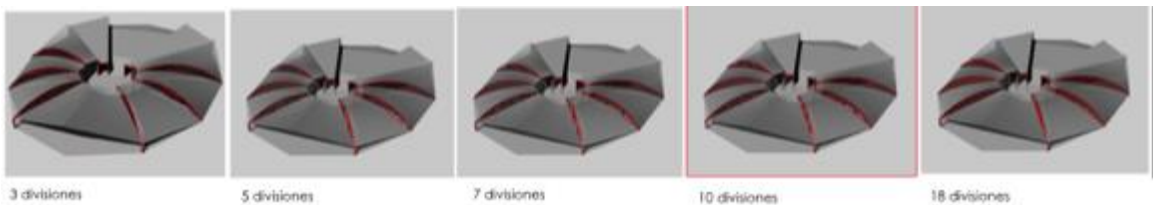


Figura 20. Parámetro 5. Propia. Catalina Ortega. 2015.

Se eligen 10 divisiones, ya que permite tener una restricción al paso de la luz eficiente, y permite sostener los paneles ideales.

### 2.2.3. Profundidad paneles de estructura tringulada

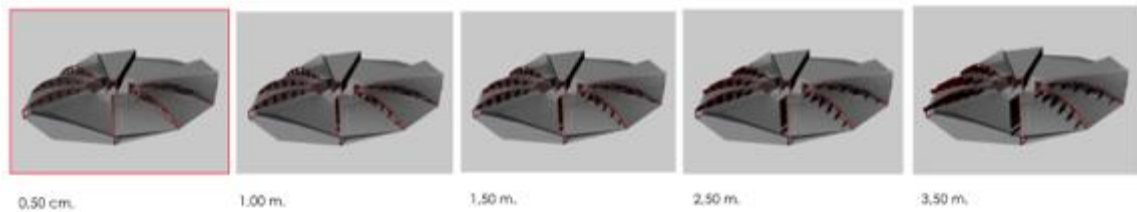


Figura 21. Parámetro 6. Propia. Catalina Ortega. 2015.

Se elige una profundidad de 50 cm en los paneles ya que se evidencia que es el paso adecuado de luz para la edificación.

## 1.3. Funcionales:

### 2.3.1. Radio de espacio central

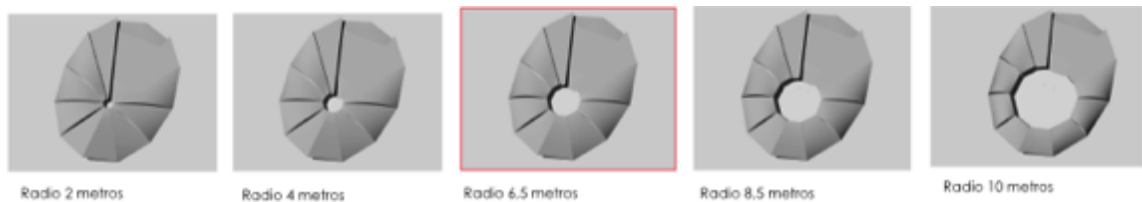


Figura 22. Parámetro 7. Propia. Catalina Ortega. 2015.

El radio de 6,5 metros es el ideal ya que permite un área de acceso óptima para el flujo de personas que tendrá el edificio.

### 2.3.2. Escala del polígono del edificio



Figura 23. Parámetro 8. Propia. Catalina Ortega. 2015.

La escala apropiada para la funcionalidad del edificio es de 1,8.

### 2.3.3. Altura de la plaza de acceso

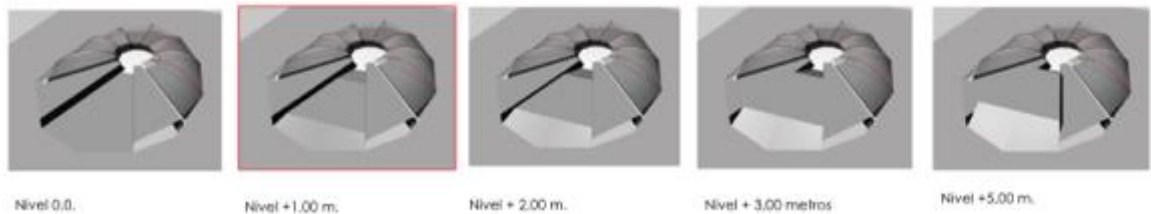


Figura 25. Parámetro 9. Propia. Catalina Ortega. 2015.

La altura ideal para la plaza de acceso es de 1 metro, ya que permite una visibilidad del edificio además de hacer el acceso permeable.

## 3. Proyecto:

Para la realización de del proyecto arquitectónico se tienen en cuenta todos los parámetros analizados anteriormente que serán aplicados a un entorno específico y cambiarán de acuerdo a este. Se elige San Francisco, Cundinamarca, como lugar de emplazamiento ya que responde con las condicionantes climáticas (clima templado).

### 3.1. Localización:

- San Francisco, Cundinamarca, Colombia.
- Clima: Templado. 18° promedio.
- Habitantes: 9.586 Hab.

### 3.2. Análisis del lugar

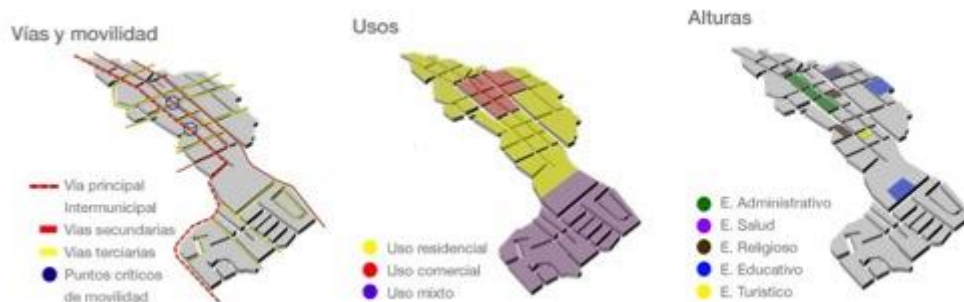


Figura 26. Análisis San Francisco, Cundinamarca. Propia. Catalina Ortega. 2016.



### **3.3. Proyecto arquitectónico.**

Al contar con un número tan alto de personas jóvenes, se busca implementar una edificación que aporte a la educación del lugar, y que ayude a que esta fuga de conocimiento se detenga, por lo que se propone realizar un centro cultural, que además de ser un punto para la integración y esparcimiento de las personas, aporte a la educación y la cultura de los jóvenes, y que a su vez genere trabajo y oportunidades a las personas que allí residen, y por otro lado que se convierta en un hito para el municipio, atrayendo a muchos más turistas por su encanto cultural.

#### **3.3.1. Localización - Lote**



Figura 27. Localización. Catalina Ortega. 2016.

Se elige este lote, ya que está ubicado en un área de crecimiento, para implementar una actividad recreativa y educativa, ya que colindando al lote, en la parte sur del mismo, se encuentra uno de los dos colegios del municipio y tiene relación directa con el lote.

## Imagen general del proyecto y relación con el entorno

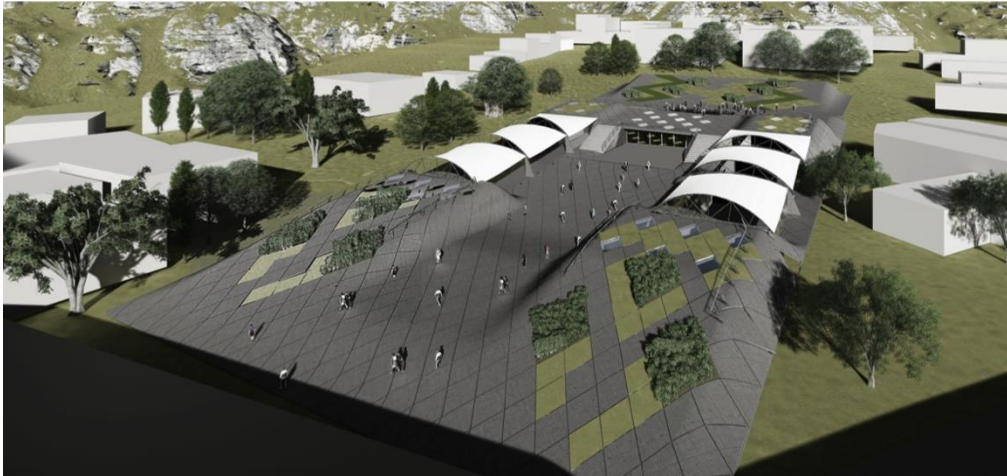


Figura 28. Imagen general del proyecto y entorno. Propia. Ortega. 2016.

## Parámetros estructurales aplicados al edificio

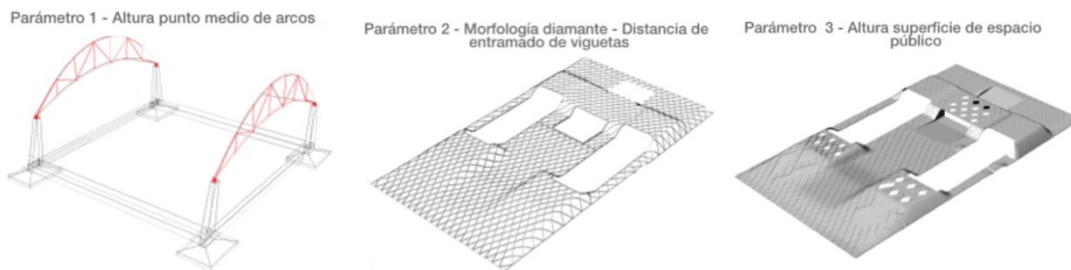


Figura 29. Parámetros estructurales. Catalina Ortega. 2016.

En estos parámetros se elige la altura del punto medio de los arcos, que permiten continuidad a los esfuerzos de los arcos hacia las columnas, la morfología de diamante de las viguetas del espacio público y la altura de la superficie del mismo, que permite una recepción y transmisión de cargas hacia el resto de la estructura y hacia el terreno. Partiendo de estos, también se desarrollan los distintos elementos estructurales que van a combinar los distintos sistemas.

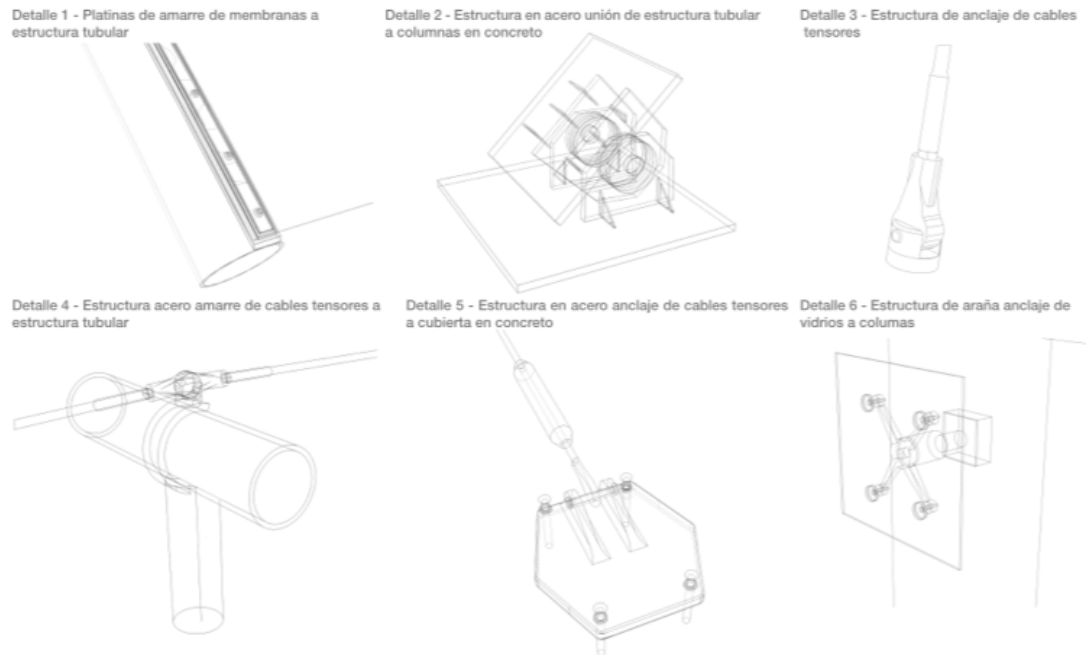


Figura 30. Detalles estructurales. Propia. Catalina Ortega. 2016.

### Parámetros funcionales

A partir de estos parámetros funcionales se resuelve el componente arquitectónico del proyecto, teniendo en cuenta la simetría para generar distintos espacios, las alturas de las plazas que se integran con las cubiertas y el tamaño de la plaza central.

Desde este análisis se realiza el programa arquitectónico y distribución espacial del centro cultural, el edificio cuenta con dos zonas laterales que serán las cuales distribuyan la totalidad del programa arquitectónico, las cuales son una adaptación de los parámetros ya realizados combinando los sistemas estructurales, esta distribución permite tener un espacio central que será un lugar de transición entre la vía del lote y el colegio, y las zonas laterales serán un lugar de permanencia.

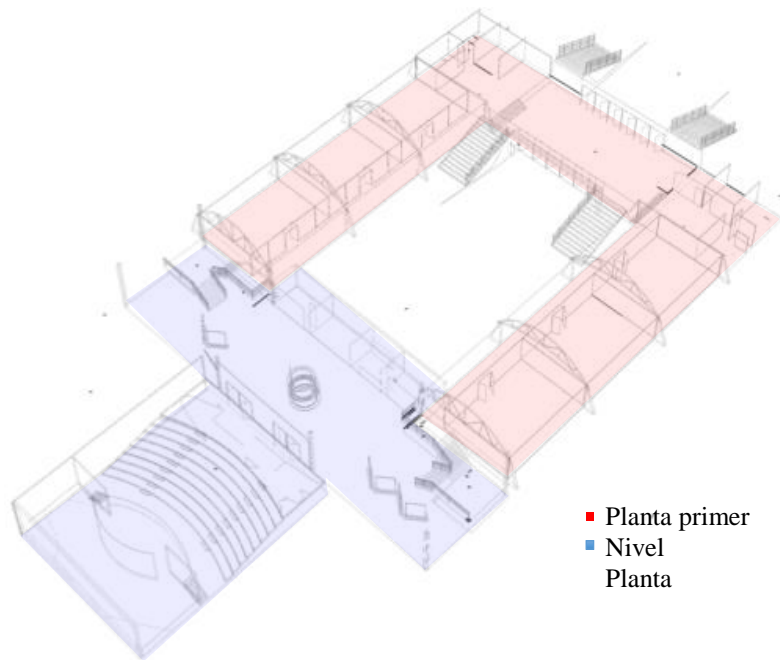


Figura 31. Estructura funcional. Catalina Ortega. 2016.

Así el edificio el cual cuenta con: Lobby, salón de música, salón de arte, salón de danzas, biblioteca, salones de exposiciones, auditorio, área administrativa, enfermería, cafetería y baños.

## Cortes

Corte longitudinal - Escala 1:200



Corte transversal - Escala 1:200



Figura 32. Corte transversal y longitudinal. Catalina Ortega. 2016.

En estos cortes se evidencia el cambio de alturas que se realizan en el espacio público y será la integración del mismo con el espacio interior, y con las edificaciones aledañas, además este permite tener unos espacios de doble altura que serán de mayor relevancia para el edificio.

### **Imágenes 3D del edificio**

Espacio general, relación de espacio público con la edificación.



Figura 33 y 34. Estructura de edificio y espacio público. Propia. Catalina Ortega- 2016.

Estructura explotada de la edificación, donde se muestra por capas como es la relación de la estructura de espacio público y de las membranas del edificio, y como es la relación de los distintos sistemas estructurales planeados.

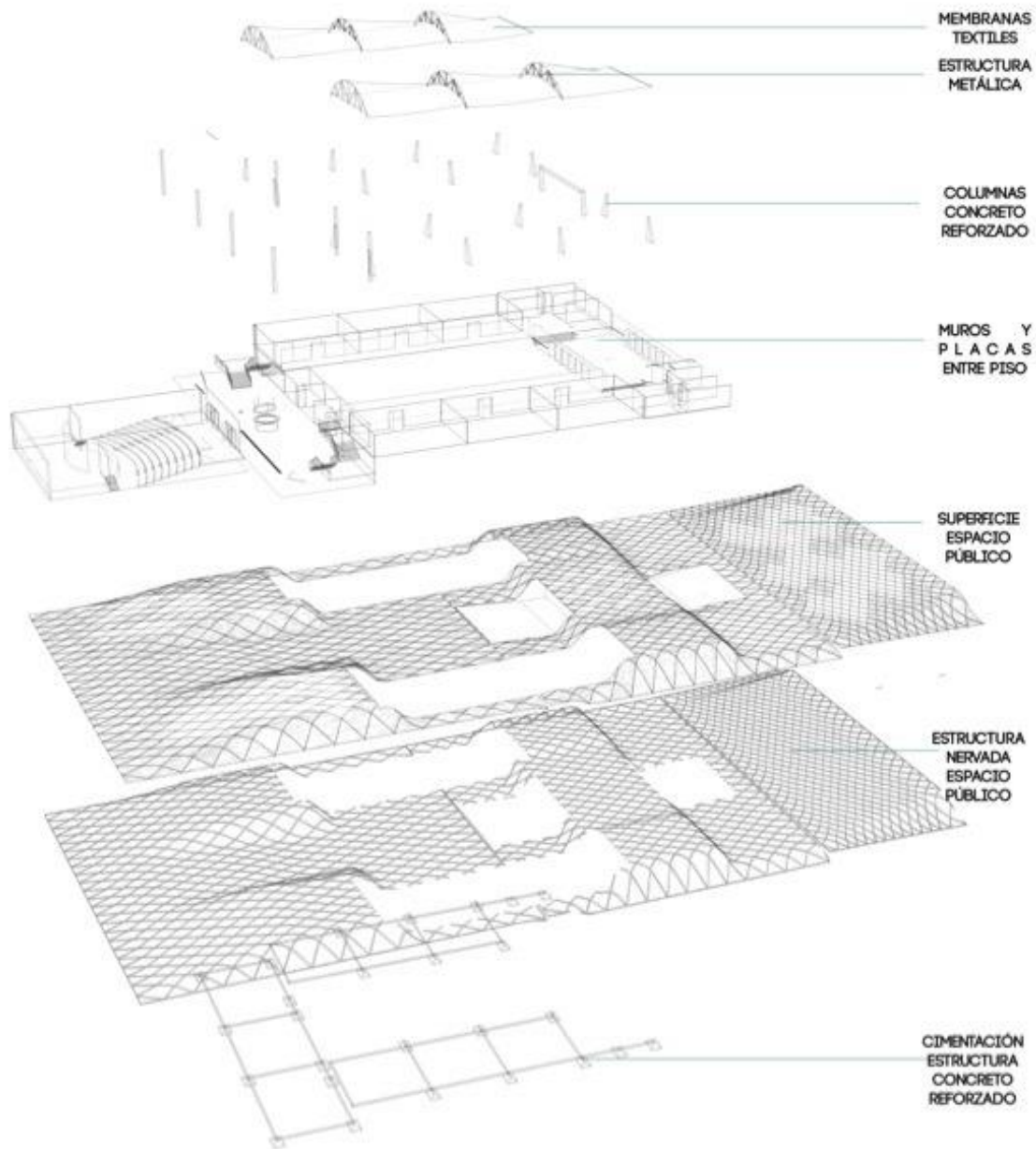


Figura 35. Estructura explotada. Propia. Ortega. 2016.



**Imagen interior del edificio – Espacio ingreso a auditorio y zona de exposiciones**



Figura 36. Espacio interior. Propia. Catalina Ortega. 2016.

#### 4.1.2. CENTRO CULTURAL EL SISQUE: EQUIPAMIENTO COMUNAL MEDIANTE LA SUPERPOCISION DE SUPERFICIES A COMPRESION Y VECTOR ACTIVO PARA UN CLIMA DE ALTA MONTAÑA

El lineamiento principal del proyecto es el componente estructural, en su combinación a través de una superposición de dos sistemas, estos son las superficies a compresión y el vector activo, con el fin de diseñar una estructura híbrida a grandes luces.

Para iniciar el proyecto se tienen en cuenta tres aspectos para plantear una relación entre ellos inmersos en el diseño, estos son: el aspecto estructural, el aspecto funcional y el aspecto medio ambiental. En cada uno de estos se analizan tres referentes, a partir de esto se obtienen determinantes que fueron implementadas en el proyecto, pero uno de los lineamientos más importantes es el clima que para este caso es frío de alta montaña y el lugar elegido responde a las características de este. El contexto local elegido a partir de estas condicionantes es el municipio de Sesquile-Cundinamarca. A partir de esto se realiza un diagnóstico del lugar.

Cabe señalar, los subsistemas de los sistemas estructurales elegidos para la composición estructural del proyecto.

En superficies a compresión:

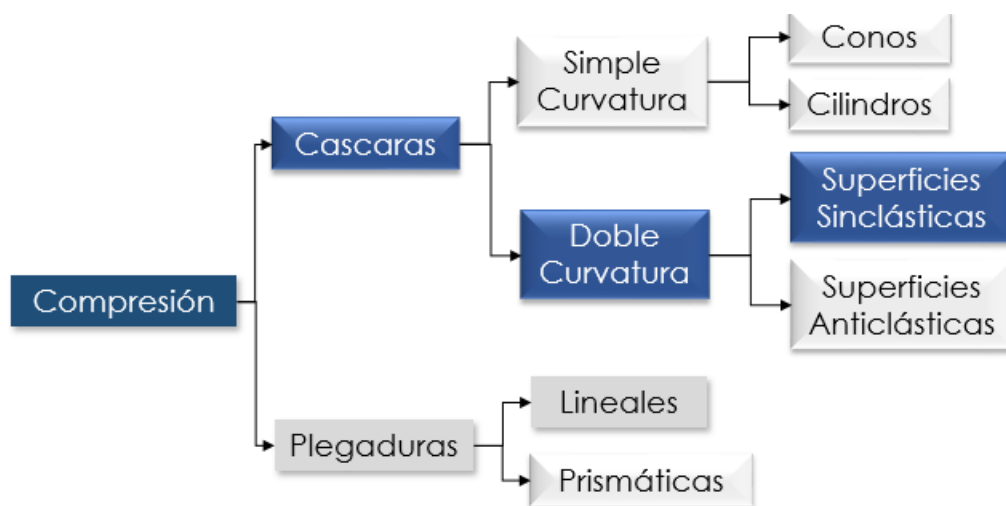




Figura 37. Esquema explicativo de subsistemas del sistema superficies a compresión. Propia. Silvia Cerón. 2016.

En elementos a compresión y tracción vectorial:

En las estructuras de vector se elige el sistema de simple capa, con elementos triangulados.

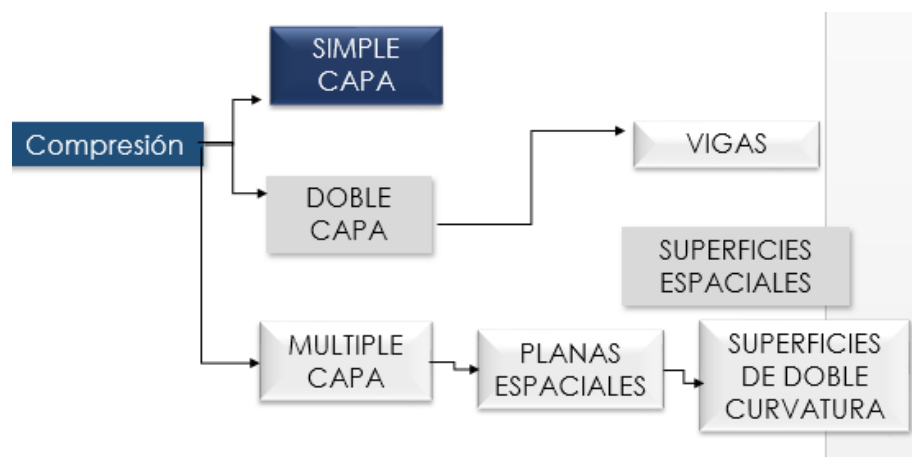


Figura 38. Esquema explicativo de subsistemas del sistema elementos a compresión y tracción vectorial. Propia. Silvia Cerón. 2016.

Este sub-sistema es elegido ya que se busca crear superficies trianguladas simples para así implementar envolventes en estas estructuras.

En los aspectos se analizan los referentes se obtienen las condicionantes y seguido a esto se da inicio con la composición de una primera intención de la geometría del proyecto, esta se modela paramétricamente para obtener parámetros variables, y así tomar decisiones en cuanto a la composición del proyecto.

Dando inicio a la descripción del proyecto con el aspecto estructural-constructivo. Los referentes analizados para este aspecto son: restaurante los manantiales del

arquitecto Félix Candela, el Pallazetto Delo sport del ingeniero Pier Luigi Nervi y el Great Court British Museum del arquitecto Norman Foster a partir de esto se obtiene los determinantes y parámetros.

### LO ESTRUCTURAL-CONSTRUCTIVO

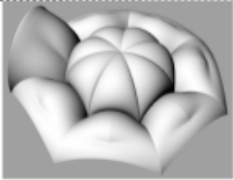
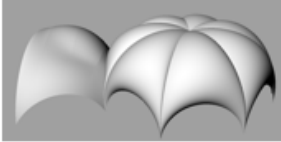
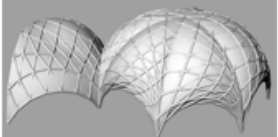
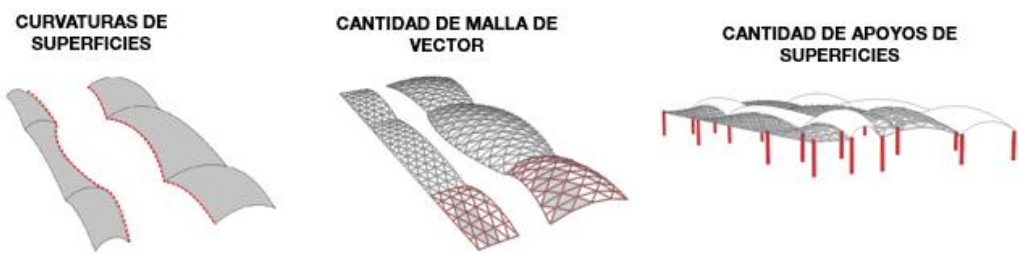
DETERMINANTES	Superficies de doble curvatura	Superficies centrales en el edificio	Generar superficies a partir de estructuras en vector
PARÁMETROS	Variación de superficies de doble curvatura (Sinclásticas-Anticlasticas)  Rango: de -5 m a 5m	Altura de superficie central  Rango: de 3m a 10m	No. De divisiones de malla de vector  Rango: de 1 a 10 divisiones
VARIABLE ELEGIDA	Las superficies de doble curvatura elegidas para el proyecto son de tipo sin clásticas y la altura de estas es de 3 metros	La superficie central, del edificio tiene una morfología según la variación de su altura, la forma para este proyecto es la que genera la altura de 4 metros.	El numero de divisiones de vector , define la composición de las superficies en vidrio , por esto 7 divisiones es el numero elegido para esto.

Figura 39. Esquemas de superficies a compresión. Propia. Silvia Cerón. 2016.

Estos parámetros fueron hechos con la geometría inicial, a medida de su desarrollo el proyecto fue cambiando en su forma y composición. A continuación se muestran los que fueron aplicados en el proyecto.

Estos parámetros son aplicados al proyecto de la siguiente manera.





La cimentación del proyecto, es con zapatas y vigas en concreto reforzado de 4000 psi, las placas de entre piso son compuestas por vigas en concreto reforzado y las columnas están apoyadas en estas vigas, los muros interiores del proyectos son en vidrio y concreto para dar iluminación y masa térmica al interior. Para los paneles de vidrio que funcionan como envolvente de la estructura tubular metálica, se implementan spider glass en acero galvanizado para agarre de los paneles triangulados en vidrio templado.

La cubierta del proyecto tiene 12 superficies en total soportadas en columnas de concreto reforzado, la altura de estas varia para generar superficies de doble curvatura sin clásticas e integrarse con el entorno, estas son hechas en concreto pos tensado de 4000 psi y acero de media pulgada apoyadas en columnas de concreto reforzado. La malla de vector cambia en su número de seis divisiones cada superficie para obtener una estructura capaz de soportar una envolvente como el vidrio. Estas superficies están apoyadas en columnas en concreto reforzado y las secciones tubulares están ancladas a los apoyos por medio de platinas en acero galvanizado que dan rigidez a la estructura.

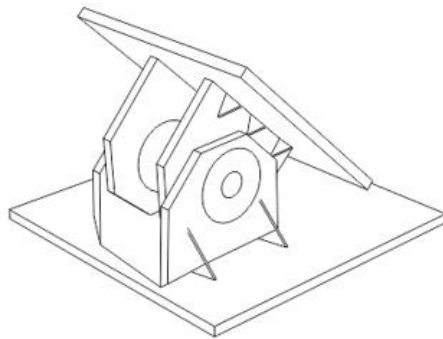


Figura 40. Platina base en acero galvanizado. Propia. Cerón Silvia. 2016.

Las uniones de las secciones tubulares son platinas hexagonales en acero galvanizado con aplique para cada uno de los tubos.

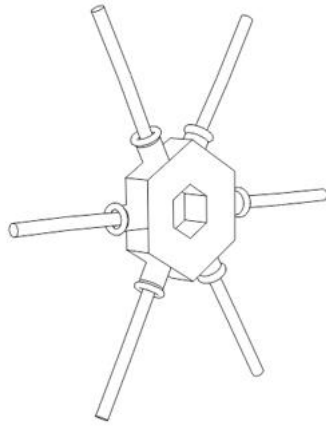


Figura 41. Platina base en acero galvanizado. Propia. Silvia Cerón. 2016.

En el aspecto funcional se obtiene el análisis de los siguientes referentes. Centro cultural en Baud, centro lituano de arte moderno y el centro cultural de la constitución en Chile. De allí se basaron los determinantes y los parámetros variables.


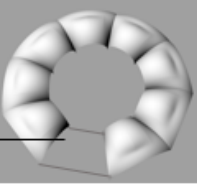
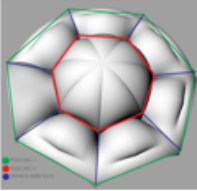
DETERMINANTES	Espacios públicos semi-cubiertos de acceso al edificio			Espacios internos de congregación y recibimiento a los usuarios		Separación de espacios público y privados del edificio	
	<p>Altura de la superficie de acceso</p>  <p>Rango: de 2m a 7m</p>			<p>No. De lados del polígono base</p> <p>Superficie de acceso</p>  <p>Rango: de 4 a 9 lados</p>		<p>Distancia entre polígonos base</p>  <p>Rango: de 9m a 20m</p>	
VARIABLE ELEGIDA	La altura que funciona mejor en el acceso es de 4 metros ya que esta permite desarrollar las actividades propuestas en este espacio.			El numero de lados que se escogió para el desarrollo funcional del edificio son 9 ya que permite conformar simétricamente todos los espacios y actividades propuestas.		La distancia entre los polígonos de las superficies anexas y la superficie central es de 15 metros ya que permite tener circulaciones y vacíos centrales para el edificio	

Figura 42.Aspectos funcionales. Propia. Silvia Cerón. 2016.

Estos parámetros fueron aplicados al proyecto de la siguiente manera:

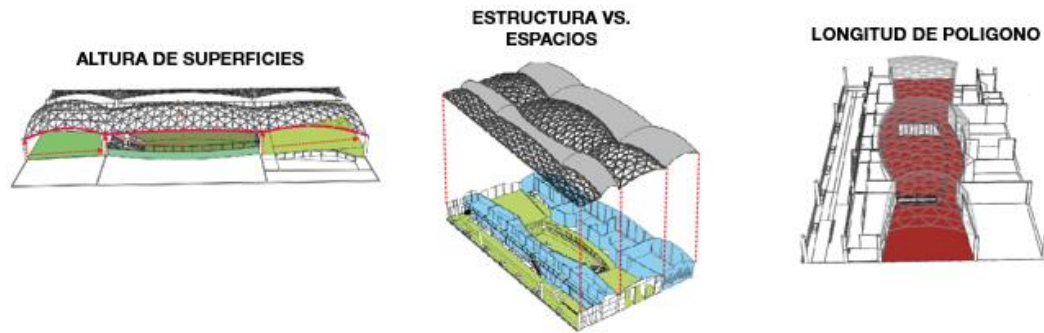


Figura 43. Parametros funcionales aplicados en el proyecto. Propia. Silvia Cerón. 2016.

El proyecto está distribuido a partir de un vacío central como se puede observar en la planta de primer piso, y está dividido en cuatro franjas , se plantea una relación en cuanto a lo estructural con los espacios interiores del edificio, esto se da a partir del parámetro de estructura vs. Espacios, en las zonas donde se ubican espacios de permanencia y actividades específicas están cubiertos por las superficies en concreto para dar una sensación de recogimiento y privacidad al usuario. Los espacios se pueden ver en la zonificación del proyecto.

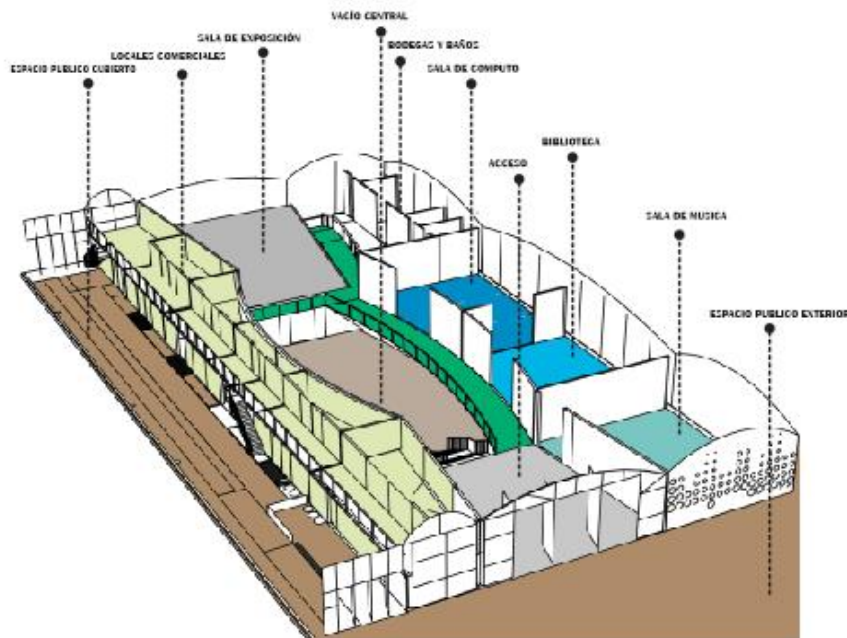


Figura 44. Zonificación del proyecto. Propia. Cerón Silvia. 2016.

En las zonas como el vacío central donde se ubican puntos fijos recorridos lineales internos y recorridos de espacio público se plantean las cubiertas en estructura metálica y paneles de vidrio para dar fluidez a estos espacios de circulación ,en la superficie de acceso y recorridos de espacio público se busca dar permeabilidad a los usuarios.

Para dar una respuesta al contexto urbano como es requerido, ya que se debe tener en cuenta los impactos al momento de implantar el proyecto en el lote, se plantea una zona comercial para hacer conexión con el equipamiento más cercano al proyecto que es la plaza de mercado , esta zona comercial con recorridos y zonas de permanencia.



Figura 45. Planta piso 1. Propia. Cerón Silvia. 2016.

Las cubiertas de estos espacios como lo son los locales comerciales son en concreto para dar cierta privacidad a estos espacios de comercio , y la cubierta en secciones tubulares metálicas y envolvente en vidrio está ubicada en la zona de espacios públicos



para generar espacios iluminados y fluidos en el edificio. El piso de este espacio son texturas en concreto texturizado y madera en pino color camel para dar así color al interior , para acompañar este recorrido se implementa un muro verde.



Figura 47. Planta piso 1. Propia. Silvia Cerón. 2016.

Para aprovechar la doble altura de las cubiertas se plantean al interior del proyecto espacios a diferentes niveles como lo es la sala de exposición principal y el auditorio principal se puede ver en el corte transversal y longitudinal.

También se desarrollan espacios en un nivel inferior para tener una calidad espacial interesante al interior del proyecto.



Figura 49. Cortes del proyecto. Propia. Cerón Silvia. 2016.



LO MEDIO AMBIENTAL.

Como resultado de un análisis de referentes, condicionantes y parámetros aplicados al proyecto. Se analizaron los siguientes referentes. El edificio The Paper Nursey y la estructura Voussoir Cloud / IwamotoScott Architecture + Buro Happold.

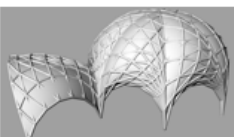
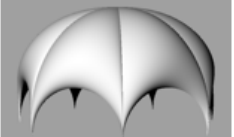
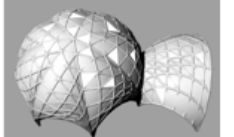
DETERMINANTES	Forma Compacta en el edificio	Generar masa térmica en el edificio	Evitar el efecto invernadero al interior del edificio
	Ángulo de inclinación de la superficie de acceso	Altura de la superficie central	Vacios en superficie central y de acceso
PARAMETROS	Rango: de 20 a 90 grados 	Rango: de 2m a 10m 	Rango: de 2 a 20 vacíos 
VARIABLE ELEGIDA	El ángulo de inclinación de esta superficie es de 80 grados ya que es adecuada para la mitigación de la incidencia del sol directo en este espacio	La altura de esta superficie es de 4 metros , a esta altura genera mas iluminación en el día y mayor recorrido de aire caliente y frío al interior.	Los vacíos de la superficie cumplen la función de ventilar en la parte superior las superficies y evitar el efecto invernadero al interior del edificio, estos tiene 15 vacíos en la superficie.

Figura 50.Parámetros medio ambientales. Propia. Silvia Cerón. 2016.

A partir de un análisis solar se tiene como conclusión, que el momento del día en que más tiene incidencia el sol es en la tarde, como estrategias para esto se implementaron en cubierta y en las fachadas de vidrio del proyecto, fritted glass para disminuir la incidencia del sol en estos espacios.

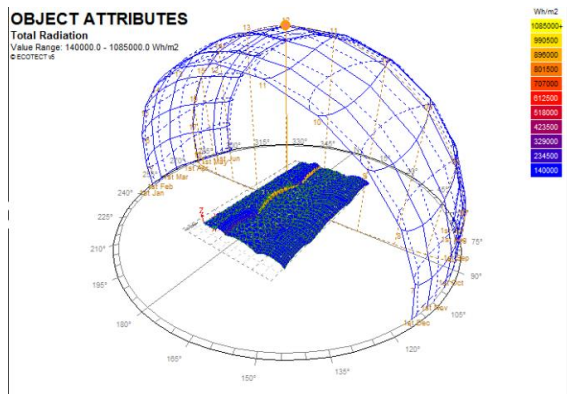


Figura 51. Análisis solar del proyecto. Silvia Cerón. 2016.

Estos parámetros son aplicados al proyecto de la siguiente manera.

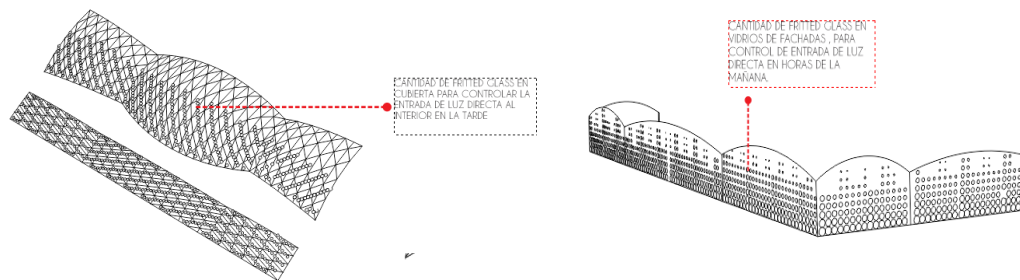


Figura 52. Parámetros ambientales aplicados al proyecto. Propia. Silvia Cerón. 2016.

La cantidad de fritted glass en las cubiertas y en las fachadas se puede aclarar en el corte por fachada para evitar la incidencia directa del sol. En los espacios interiores y no sea molesto en el desarrollo de actividades, el fritted glass son paneles de vidrios circulares que manejan un alto nivel de opacidad y funcionan también como envolvente en las fachadas.

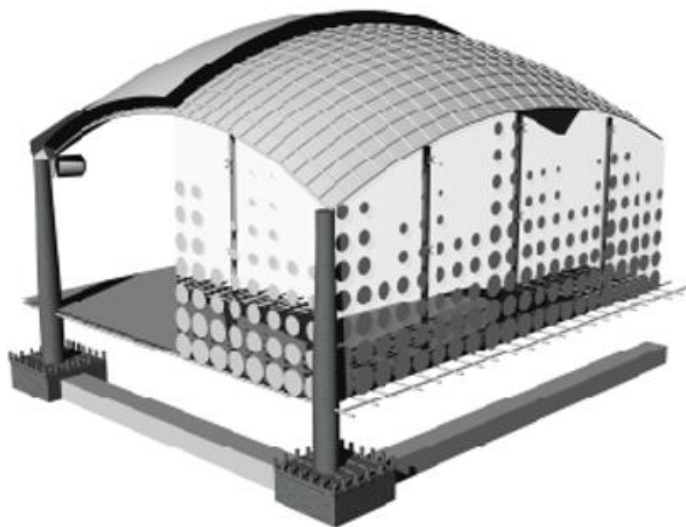


Figura 53. Corte pro fachada. Propia. Silvia Cerón. 2016.

Se implementan estrategias de ventilación en la parte superior de la cubierta para así dar salida al aire caliente que se concentra en la parte superior del edificio. Se propone una elevación de los paneles de vidrio de la cubierta.

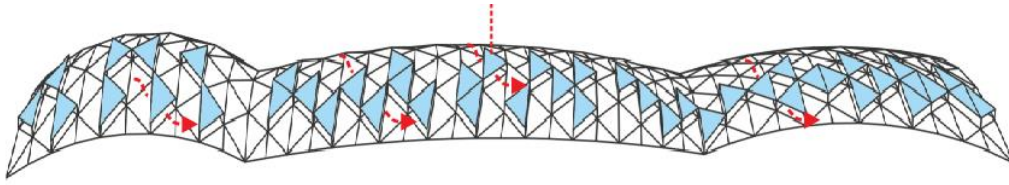


Figura 54.Estrategias ambientales. Propia. Silvia Cerón. 2016.

Cabe concluir, después de todo el proceso de investigación, la metodología para llegar al proyecto arrojó los resultados esperados que era integrar una estructura en un programa funcional con estrategias medio ambientales para responder al clima establecido, las combinaciones estructurales con parámetros variables son una manera de tomar decisiones para así llegar a componer y diseñar un componente arquitectónico parametrizado , dando varias opciones en cada determinante para el proyecto y que sea funcional al momento de ser aplicadas en este.

## GLOSARIO

**Fuerza:** es la magnitud que lleva a un cuerpo a moverse o a modificar su estado o su forma.

**Cargas:** son las fuerzas externas que actúan sobre un cuerpo, exceptuando las fuerzas de reacción a través de los apoyos del cuerpo.

**Peso Propio:** es la fuerza con la que la masa de la tierra atrae un cuerpo en relación directa a su masa/=peso.

**Momento:** es el movimiento de giro que origina un par de fuerzas o una fuerza cuyo punto de giro no coincide con la dirección de la fuerza.

**Tensión:** es la fuerza (resistencia) interna por una unidad de superficie que se origina en un cuerpo debido a la acción de una fuerza externa.

**Resistencia:** es la fuerza con la que se opone un cuerpo a un desplazamiento o un cambio de forma a causa de la acción de una fuerza externa/= fuerza de resistencia.

**Equilibrio:** es el estado en que la suma de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo no origina ningún movimiento, es decir, los movimientos son iguales a cero.

## CONCLUSIONES

- Cabe concluir que al tener una relación entre la técnica y el diseño se logró desarrollar componentes arquitectónicos diseñados a partir de combinaciones de sistemas estructurales basados en el análisis de esfuerzos y a su vez por medio de la superposición, acoplamiento y fusión de los mismos. Estos responden a aspectos estructurales, funcionales y medio ambientales, los cuales se obtienen a través de parámetros variables y se adaptan a un entorno y clima específico.
- A través del análisis de sistemas estructurales se evidencia la ruptura entre la técnica y el diseño, la cual se demuestra a través de las distintas clasificaciones ya planteadas que no tienen una relación directa de los componentes estructurales con los componentes formales, por lo que se plantea una re-clasificación de sistemas basados en esfuerzos estructurales siguiendo a la función.
- Basados en el análisis de esfuerzos y cargas de referentes de los distintos sistemas estructurales estudiados se logró obtener determinantes estructurales, funcionales y medio ambientales, de los cuales resultan parámetros variables como la altura de superficies, morfología de vigas, cantidad de malla de vector activo y estos serán los lineamientos principales en el desarrollo de los proyectos arquitectónicos.
- Como esta dispuesto en el taller se desarrollo un proyecto arquitectónico centrado en la superposición de superficies a compresión y elementos vectoriales, a partir de la composición anterior se resolvieron espacios a grandes luces con iluminación directa e indirecta a través de la implementación de envolventes en vidrio y superficies en concreto generando así masa térmica al interior del edificio.

- Se desarrollo un centro cultural que parte de la superposición y acoplamiento de elementos en flexión y superficies en tracción, en el cual se resuelven espacios de grandes luces, y con la relación de pórticos y membranas tensadas y la altura de los mismos se logra confort térmico y mediante la modulación y las juntas de los mismos permite la entrada de luz natural y ventilación.